

І. М. Соловська

# ТЕНЗОРНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ LTE/MVNO

Для дослідження характеристик якості функціонування мережі MVNO/LTE запропоновано тензорний метод декомпозиції мережевої архітектури з метою отримання оптимальної конфігурації з'єднань базових станцій e-NodeB за критеріями максимального значення пропускної спроможності і заданих параметрів затримки

**Ключові слова:** характеристики якості обслуговування, тензорна модель

Пріоритетним напрямком розвитку мереж мобільного зв'язку (ММЗ) України є еволюційний перехід до технології Long Term Evolution (LTE), регламентованої 3GPP (Rel. 8,9), впровадження якої пропонується шляхом створення загальної для декількох операторів мережі MVNO (Mobile Virtual Network Operator). Особливістю реалізації мережі LTE/MVNO є нова мережа радіодоступу E-UTRAN, яка сумісно використовується декількома операторами. Складність реалізації цієї задачі полягає у тому, що вона потребує врахування не тільки структурних особливостей побудови існуючих та впроваджуваних мереж, а ще й технологічних особливостей, за умов, що кількість мереж, котрі організуються у LTE/MVNO, може бути досить значною. Основним завданням проектування є вибір оптимальної конфігурації з'єднання e-NodeB з метою забезпечення значень характеристик QoS таких як: пропускна здатність, тривалість затримки та довжина пакетної черги [1].

Для рішення поставленої задачі розглянемо структуру фрагменту мережі E-UTRAN у вигляді графу, в якому вузли графу — це базові станції e-NodeB з'єднані трактами передавання (рис. 1).

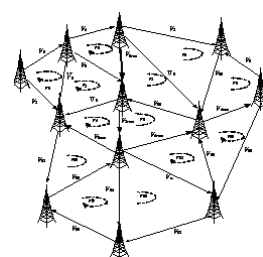


Рис. 1. Структурна модель мережі E-UTRAN

Використовуємо контурний метод тензорного розгляду мережі в системах координат (СК) гілок та контурів мережі [2]. В якості інваріантного рівняння використовуємо формулу Літтла, яка для СК гілок має вигляд [3–5]:

$$H_v = T_v \cdot L_v, \quad (1)$$

де  $H_v$  — коваріантний тензор довжини пакетної черги,  $T_v$  — контрваріантний тензор затримок пакетів,  $L_v$  — коваріантний тензор інтенсивностей трафіку в СК гілок мережі. Відповідно для СК контурів мережі:

$$H_r = T_r \cdot L_r, \quad (2)$$

де  $H_r$  — тензор довжини пакетної черги,  $L_r$  — тензор інтенсивностей трафіку та  $T_r$  — двічі контрваріантний тензор затримок пакетів в СК контурів мережі.

Скористуємося методикою, викладеної у [4–5, 7–9], довжина пакетної черги:

$$H_r = B_v^t \cdot H_v^+, \quad (3)$$

де  $B_v^t$  — транспонована базисна матриця, яка відповідає графу мережі.

Відповідно [4–5, 7–9], двічі контрваріантний тензор часових затримок:

$$T_r = B_v^t \cdot T_v \cdot B_v. \quad (4)$$

Розглянемо фрагмент заданої мережі E-UTRAN (рис. 1). Виконаємо розділення вихідної мережі на окремі підмережі і визначимо граничні контури, які знаходяться на перетині розподілу мережі. Для кожної підмережі визначимо характеристики якості в граничних контурах та гілках, які утворені на перетині, що дозволить отримати результати для вихідної мережі. Складемо для кожної підмережі топологічні матриці і задамо стани опису між контурами і гілками. Топологічна матриця  $A_i^{(j)}$  визначає стани, де  $i=1, 2, 3$  — стани, що характеризують відношення між елементами мережі, а  $j$  — номер підмережі. Для визначення значень характеристик якості в граничних контурах та гілках, розглянемо граф мережі, для якої видалимо усі контури, які не є граничними [6]. На рис. 2 показано граф мережі, який складається тільки з граничних контурів та граничних гілок.

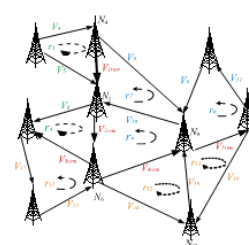


Рис. 2. Структура мережі з граничних контурів

Топологічна матриця  $A$  буде мати вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} A^{(1)} & A^{(2)} & A^{(3)} \end{pmatrix}^t. \quad (5)$$

Тензори затримок в СК контурів для підмереж  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$ ,  $T_{r3}$  визначаються

$$T_{rk} = B_{vk}^t \cdot T_{vsk} \cdot B_{vk}, \quad (6)$$

Значення тензору пакетної черги  $H_{r1}, H_{r2}, H_{r3}$  визначаються згідно виразу:

$$H_{rk} = B_{vk}^t \cdot H_{vk}^+, \quad (7)$$

Тензори інтенсивностей трафіку  $L_{r1}, L_{r2}, L_{r3}$  визначаються виразом:

$$L_{rk} = T_{rk}^{-1} \cdot H_{rk}, \quad (8)$$

Знайдемо тензори затримок у СК гілок для кожної підмережі  $T_{v1}, T_{v2}, T_{v3}$ :

$$T_{vk} = A^{(i)^t} \cdot T_{rk} \cdot A^{(i)} + T_{vgrk}, \quad (9)$$

де  $T_{vgrk}$  — тензор затримок у граничних гілках кожної підмережі.

Тоді тензор затримок у СК гілок вихідної мережі буде визначатися як:

$$T_v = T_{v1} + T_{v2} + T_{v3}. \quad (10)$$

Значення тензорів інтенсивностей  $L_{v1}, L_{v2}, L_{v3}$  у СК гілок для підмережі:

$$L_{vk} = -A^{(i)^t} \cdot L_{rk}. \quad (11)$$

Відповідно тензор інтенсивностей трафіку вихідної мережі становить:

$$L_v = L_{v1} + L_{v2} + L_{v3}. \quad (12)$$

Довжина пакетної черги в СК контурів мережі визначається як:

$$H_r = A \cdot H_v. \quad (13)$$

При з'єднанні у вихідну мережу враховуємо приріст  $\Delta L_{r1}, \Delta L_{r2}, \Delta L_{r3}$ :

$$\Delta L_{rk} = T_{rk}^{-1} \cdot H_r. \quad (14)$$

Визначимо значення інтенсивностей трафіку  $L_1, L_2, L_3$  у вихідній мережі:

$$L_k = L_{rk} + \Delta L_{rk}. \quad (15)$$

## Висновки

1. Запропонований тензорний метод оцінки якісних характеристик мережі LTE/MVNO значної розмірності й топології дозволяє отримати результати для кожного виділеного об'єкта мережі та вихідної мережі в цілому.

2. Отримані результати оцінки характеристик якості дозволяють визначити оптимальну конфігурацію з'єднання e-NodeB у E-UTRAN за критерієм значення пропускної спроможності і заданих параметрів затримки пакетів.

## Література

1. Тихвинский В. О. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура [Текст] / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. — М. : Эко-Трендз, 2010. — 284 с.

2. Крон Г. Тензорный анализ сетей [Текст] : пер. с англ. / под ред. Л. Т. Кузина, П. Г. Кузнецова. — М. : Сов. радио, 1978. — 720 с.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания [Текст] : пер. с англ. / пер. И. И. Грушко. — М. : Машиностроение, 1979. — 432 с.
4. Стрелковская И. В. Использование тензорного метода при расчете ТКС, представленной узловой сетью [Электронный ресурс] / И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская // Проблемы телекоммуникаций. — Харьков, ХНУРЕ, 2010. — № 1(1). — Режим доступа: \www/ URL: http://ptru.journal.kh.ua/index/0-15. — 2012 г.
5. Стрелковская И. В. Тензорный метод оценки максимальной пакетной очереди узловой сети / И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская // Радиотехника. — Харьков, 2010. — Вып. 163. — С. 7–12.
6. Сохор Ю. Н. Вычислительные модели и алгоритмы тензорного анализа сетей [Текст] : учебное пособие / Ю. Н. Сохор. — Псков : Псковск. госуд. политехнический институт, 2008. — С. 110–115.
7. Стрелковская И. В. Тензорный метод решения задач управления трафиком с поддержкой сетевых параметров качества обслуживания / И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2011. — Т. 5, № 3(53). — С. 37–42.
8. Поповський В. В. Точність процедур фільтрації, екстраполяції та інтерполяції випадкових процесів [Електронний ресурс] / В. В. Поповський, І. В. Стрелковська // Проблемы телекоммуникаций. — Харьков, ХНУРЕ, 2011. — № 1(3). — Режим доступа: \www/ URL: http://ptru.journal.kh.ua/index/0-15. — 2011 г.
9. Стрелковская И. В. Особенности решения задач управления трафиком в телекоммуникационной сети // И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская // Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О. С. Попова. — Одеса, 2011. — Вип. 2. — С. 24–34.

## ТЕНЗОРНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ LTE/MVNO

И. Н. Соловская

Для исследования характеристик качества функционирования сети MVNO/LTE предложен тензорный метод декомпозиции сетевой архитектуры для получения оптимальной конфигурации соединенных базовых станций e-NodeB по критерию максимального значения пропускной способности и заданных параметров задержки.

**Ключевые слова:** характеристики качества обслуживания, тензорная модель.

*Ірина Николаевна Соловская, доцент кафедри комунікаційних систем Одеської національної академії зв'язи ім. А. С. Попова, тел.: (048) 705-04-08, e-mail: i.solovskaya@onat.edu.ua.*

## TENSOR METHOD ANALYSIS OF QUALITY CHARACTERISTICS FOR LTE/MVNO MOBILE COMMUNICATION NETWORK

I. Solovskaya

To research quality characteristics of MVNO/LTE network functioning was proposed the decomposition tensor method of network architecture in order to obtain optimal configuration of e-NodeB base stations connection according to the criteria of maximum throughput and given parameters of delay.

**Keywords:** quality of service characteristics, tensor model.

*Irina Solovskaya, associate Department of switching systems, Odessa National Academy of Telecommunication named after A. S. Popov, Ukraine, tel.: (048) 705-04-39, e-mail: i.solovskaya@onat.edu.ua.*